

## ベルベット織物を用いた炭素電極研磨

今村 朋洋\*, 西海 豊彦\*\*, 青木 幸一\*\*

### The Polishing Function of Velvet Textiles for Glassy Carbon Electrode

Tomohiro IMAMURA\*, Toyohiko NISHIUMI\*\* and Koichi AOKI\*\*

(Received January 31, 2007)

The polishing method is one of the most important interests for the researchers who investigate electrochemistry, interface phenomena, electric circuits and optics. However the properties of polishing cloths such as the materials, durability and manufacturing processes have never been considered yet by the researches. Fukui is well-known as a prosperous area in fiber industry. Because the rubbing and polishing processes are very important for electronics and nano-technologies, high technology has stimulated fiber industry, currently. In this paper we evaluate six kinds of velvet textiles and we found the advantage of using velvet textiles for polishing glassy carbon electrode over the commodity one. Then we adopt velvet textiles as polishing cloth for glassy carbon because we need the smooth surface on the glassy carbon electrode as mirror like.

**Key Words :** Velvet Textile, Polishing Cloth, Glassy Carbon Electrode, Cyclic Voltammetry

#### 1. 緒 言

福井県では古くから繊維産業が盛んであり、機能性繊維の生産だけでなく、染色整理、織物産業も活発であり、様々な布が作られている。これらは、衣料、家庭用、インテリア用のみならず、産業用に利用されている。繊維加工技術に於いて、例えば、3次元織物に分類されるベルベット織物は、手触りの良さや見た目の美しさだけでなく、液晶のラビングやハードディスクのポリシング材として、工業生産のラインとして先端製品の製造に使われてきた実績がある。<sup>[1]~[4]</sup> 我々の電気化学分野の研究では、白金や炭素素材の電極表面を磨くことは実験を行ううえで避けて通れない必要な技術であり、H頃から適当

な研磨布を検討してきたが、専ら電気化学測定キットを販売する会社の市販の研磨布を用いてきた。これは、一見ベルベットに良く似た構造の布で、パイルに相等する研磨用繊維が電着植毛によって接着剤でランダムに高密度にベース布に固定されたものだが、製品寿命が短いという欠点があった。また、剥れた部分とパイルが残っている部分では電極との接触状態が異なり、電極表面を正常に磨くことがなくなる可能性が高かった。一方、ベルベット織物は、パイル糸がベース布に織物として織り込まれ、非常に規則正しく高密度に並んでいるという特徴があり、構造上パイル糸が抜けにくいと、長寿命で高い研磨性能が期待される。そこで、不安定な市販の研磨布を使うよりベルベット織物を使用できることが分かれば、我々の実験結果の信頼性が増すことが期待出来る。電気化学電極を磨くために、ベルベット布を用いるということは、学会関係者の間でも聞いたことはない。ベルベット織物が市販品以上の性能と耐久性を発揮するならば、今後電極を使う最先端の研究、分野でますます使用されるようになる

\* 物理工学科

\*\* 工学研究科ファイバーアメニティ工学専攻

\* Dept. of Applied Physics

\*\* Fiber Amenity Engineering Course, Graduate School of Engineering

表 1 用いたベルベット織物の特性

ベルベット	#3180-090	#8037-090	#6600-090	#3160 マルチ	#6040	#1030-090
タテ糸	PET56T	Co 40/2	BB 135T	PET56T	PET84T	RY133T
ヨコ糸	PET56T	Co 40/2	BB 110T	PET56T	PET84T	RY133T
パイル糸	PET/NY84T24F	Co 40/2	RY133T40F	PET56T144F×2	PET167T96F	NY110T48F
タテ密度 (本/インチ)	136	46	61	126	175	178
ヨコ密度 (本/インチ)	101	81	95	100	119	97
パイル密度 (株/インチ <sup>2</sup> )	4600	1800	3800	4200	5200	4300
フィラメント密度 (k 本/インチ <sup>2</sup> )	1210	天然繊維の 為不明	150	1210	499	206
総厚 (mm)	1.2 ± 0.15	2.5 ± 0.1	1.8 ± 0.1	1.2 ± 0.15	1.2 ± 0.15	1.6 ± 0.1

PET: ポリエステル, Co: 綿, BB RY: レーヨン, NY: ナイロン

だろう。こうした積み重ねによって、ベルベット織物が新しい分野で使用されるようになれば、更なる織物業の発展、ひいては福井県の繊維産業の発展に繋がると考えて、この課題に取り組んだ。

## 2. 実験

揚原織物工業株式会社により提供された表 1 に示すベルベット織物と市販の電気化学電極用研磨布を用いて、実際にグラッシーカーボン電極を研磨して顕微鏡観察により比較した。与えられたベルベット織物の中からグラッシーカーボン電極を磨くのに最も適したものを見つけ、市販品に対しての性能評価を行った。また、最も基本的な電気化学測定法である、サイクリックボルタモグラム測定を行った。

### 2.1 ベルベット織物

ベルベット織物は、図 1 に示すような基本構造をしており、下地のタテ糸、ヨコ糸、および、垂直に立ったパイル糸からなる。ベルベット織物は、平織り又は綾織りなどの 2 枚の織物の間にタテ糸の一部を用いてパイル糸を織り込みそれを 2 枚に切り分けて製造される。製造後パイル抜けが少なく、パイル密度が高く、パイル繊維の直立性に優れる。繊維の軸

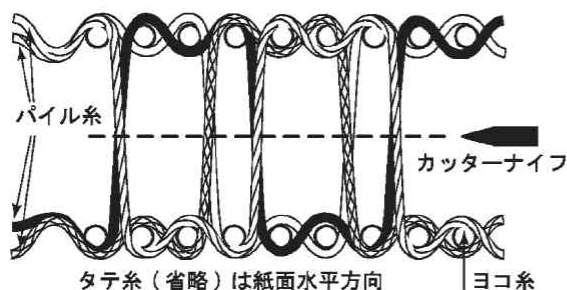


図 1 Velvet (タテ糸・ヨコ糸・パイル糸) の基本構造

方向が高密度にそろっているので、柔らかで、光を吸い込むような深い色艶を示し、繊維の末端周辺の特徴を直接伝える肌触りを実現できる織物である。

### 2.2 実験器具

直径 3.0 mm グラッシーカーボン電極(東海カーボン)、サンドペーパー #600、顕微鏡倍率 450 倍 (KEYENCE)、両面テープ (ニチバン)、シャーレ、アルミナ (0.3 μm)、表 1 のベルベット織物(揚原織物工業株式会社)、市販電極用研磨用パット (BAS)、蒸留水、白金コイル、銀 | 塩化銀電極、ポテンシオスタット(扶桑)。

### 2.3 実験方法

実際に電極を磨くときは電極表面の傷の状態を考慮し、#の小さいサンドペーパーからサンドペーパー #2000 まで磨いた後、市販の研磨布の上にアルミナを使って磨いた。そうした場合、一般に、電極表面は鏡のようになり、瞳を写すことができるくらい滑らかになる。サンドペーパー #2000 でもかなり滑らかな電極表面に磨き上げることができるが、今回の実験では布の特性を比較することを目的としているので、通常と異なる方法で検証することにした。

まず市販サンドペーパー #600 で電極表面を磨き、表面に粗い傷を付けた。この電極表面の状態をグラッシーカーボン電極表面が傷ついた実験前の状態として統一した。次にビデオ顕微鏡で電極表面を観察した。ベルベット織物を固定するために、シャーレの裏に両面テープで張り合わせ、研磨作業中、布が動かないようにした。アルミナを布の上に少量散布し、蒸留水を適宜加えてから電極表面を磨いた。磨き方は電極に垂直方向に一定の力を加えて 8 の字を描くように磨いた。0, 100, 200, 300, 500 回とそれぞれ磨き終わった後、表面を顕微鏡で観察して写真を

撮った。その後、最も電極表面が滑らかになった電極を用いて一般的な電気化学測定であるサイクリックボルタンメトリー法でフェロセンの測定を行った。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 ベルベット織物による研磨

図 2-4 について、(a)はサンドペーパー#600 で磨くことで古い炭素表面を剥ぎ取り新しい表面が出るまで磨いたものである。図 2(b)はその後、それぞれの布で 500 回磨いたものである。研磨前後で同じ箇所を顕微鏡観察し 450 倍の倍率で撮影し、傷の消失過程が判別しやすいようにした。

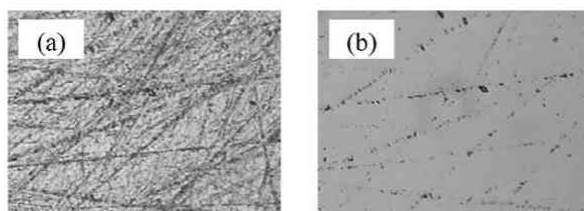


図 2 市販研磨布の結果 (a)研磨前 (b)500 回研磨後

図 2(b) は市販の研磨布を使用し、(a)を開始状態としてグラッシーカーボン電極を 500 回磨いたものである。図 2(a) と (b)を比較すると、浅い傷、深い傷に関わらず、平均的に全体から傷が消えている。市販の研磨布ということで完全に傷が消失することを期待していたが、小さい傷は残ってしまった。この結果から、市販の研磨布は粗い傷を磨くときに適さないとも考えられる。または、磨いている際に毛が抜け落ちていき、徐々に磨く能力が落ちたため、完全な平滑面を得られなかった可能性も考えられる。

次に、ベルベット織物が電極の研磨布として使えるかどうかを評価するために、この傷が消える過程を基準として用いた。顕微鏡写真については、研磨の評価結果を全て掲載することは出来ないの、最も良い結果を示したものと、効果的には傷が消えなかったものについて、2 種類の典型例についてのみ掲載する。

図 3 は、電極表面の傷が最も消えた場合であり、

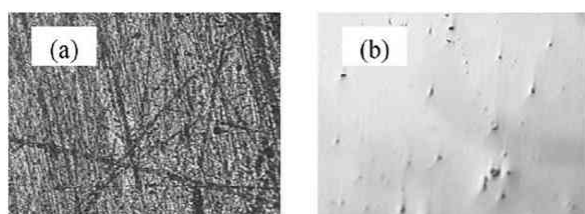


図 3 #6040 の結果 (a)研磨前 (b)500 回研磨後

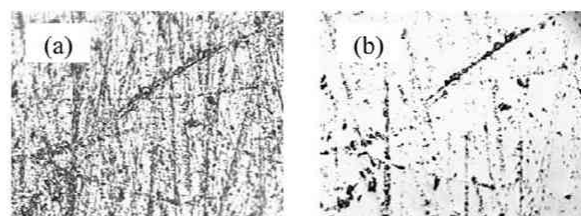


図 4 #8037-090 の結果 (a)研磨前 (b)500 回研磨後

図 3(b)は、#6040 を使用して電極を 500 回磨いたものである。サンドペーパーにより付けた初期の浅い傷、深い傷に関わらずほとんど全ての傷が消えたことが分かる。市販の研磨布より電極表面が滑らかになっており予想以上に良好な結果であるといえる。図 4 は、最も傷が消えにくかった場合であり、図 4 (b)は #8037-090 を使用して電極を 500 回磨いたものである。初期状態のサンドペーパーで付けた傷に比べて磨いた効果は表れているが、深い傷はほとんど消えておらず、浅い傷でさえも十分には消えていない。今回の実験では最も電極を磨くのに適さない布であった。パイル糸がポリエステル素材のものが、レーヨンやコットン素材よりもグラッシーカーボンの研磨に適していることを示唆している。

研磨操作後の図を省略したベルベット織物について結果は次の通りである。

#3180-090：平均的に傷は消えた。深い傷、浅い傷共に良く消えた。磨けば磨くほどそれに比例して傷が消える効果が表れた。市販の研磨布の効果に最も近い結果であるが、研磨効率の面で劣っていた。

#6600-090：浅い傷はある程度消えたが、深い傷は消えなかった。

#3160 マルチ：浅い傷はほとんど消えたが、深い傷が少し残った。磨く回数さえ増やせば、問題なく実用出来ると考えられる。

#1030-090：浅い傷はある程度消えたが、深い傷がほとんど消えなかった。#6600-090 と類似の結果が得られた。

布の表面が硬くしっかりしているとアルミナと電極がよくこすれた。また毛深く柔らかいとアルミナが毛と毛の間に入りこんでしまい、磨く際にアルミナで磨いているという感覚が感じられなかった。電極を磨くときに毛が長いと、先端が動いてしまい、うまく磨けないと考えられる。#8037-090 ではパイル糸が長く柔らかいため、効果的に磨けている感覚が無かった。傷は布表面の手触りに対して固いものと比べて柔らかい方が消えにくく、磨きにくかった。

今回の実験では炭素電極を使ったが、6 種類のベルベット織物のうち電極を磨く際にもっとも好ましい布は#6040 であることが分かった。この布は材質

がポリエステルで、パイル糸が短く、総厚が最も薄く、パイル密度がもっとも大きい。逆に今回の実験では結果が最も悪かった#8037-090 はパイル糸が長く、総厚が最も大きく、パイル密度が最も小さい。このことから電極の研磨布として使用する布には総厚及びパイル密度が重要であると考えられる。次点は#3160 マルチである。しかし#6040 や市販の研磨布と比べると少々傷が残る傾向があった。今回の実験で使った#6040 以外の布を使用するならば磨く回数を増やす必要がある。

### 3.2 サイクリックボルタンメトリー測定

#6040 で磨いて最も滑らかになった炭素電極を用いてサイクリックボルタンメトリー測定を行った。<sup>[5]</sup> KCl 0.1 M, FcTMA 1 mM の水溶液を用意し、作用電極に #6040 で磨いた直径 3 mm の炭素電極、対極に白金コイル、参照電極に銀 | 塩化銀を使用した。掃引速度を 0.01 V/s で電位測定範囲を 0.0—0.8V で 2 周測定した。(図 5) 水溶性フェロセンである FcTMA が酸化還元反応を示し、ピークが表れており、問題なく電気化学測定が行えることが分かった。このことから、ベルベット布を電極の研磨に使用して炭素電極は正常に機能し特別な影響はない。

## 4. 結 論

今回 6 種類のベルベット織物を用いたが、織物の特性が分かっている範囲で電極を磨くのに最適な条件を把握すれば、炭素電極を効率よく綺麗に磨けることを実証出来た。構造的にパイル糸が抜けにくいベルベット織物は、市販の電極用研磨布に対して明らかな利点を有しており、丈夫で長持ちする。よってベルベット織物を使えば安定した研磨をすることができるようになるといえる。ベルベット織物は、他にも特性の異なる種類があるので最も適した研磨布

を設計、開発するべきであろう。そうすることによって電極を磨く精度の向上にも繋がるし、電極を使う分野への貢献にも繋がるだろう。

また、ベルベット織物で磨いた電極を用いて実際にサイクリックボルタンメトリー測定した結果から、ベルベット織物を炭素電極の研磨に使用しても問題ないことが実証出来た。

## 謝辞

この場をかりてベルベット織物を提供してくださった揚原工業株式会社に感謝の意を表させていただきたい。

## 参考文献

- [1] 上山博之, 尾畑納子, 喜成年泰, 桑原宣彰, 新宅救徳, 高田輝彦, 松平光男, 山本孝: 21 世紀のテキスタイル科学—人と環境の関わり, (社)日本繊維機械学会 (2003).
- [2] 繊維学会編: おもしろい繊維のはなし, 日刊工業 (1989).
- [3] 篠原昭, 白井汪芳, 近山淳雄: ニューファイバーサイエンス, 培風館 (1990).
- [4] 宮本武明, 本宮達也: 新繊維材料入門, 日刊工業新聞社 (1992).
- [5] 電気化学学会: 電気化学測定マニュアル基礎編, 丸善株式会社 (2002).

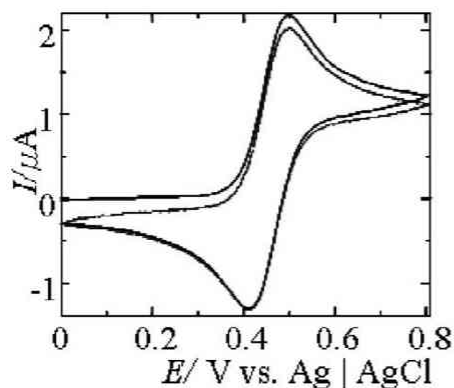


図 5 水溶性フェロセンのサイクリックボルタモグラム